ChinaXiv合作期刊

大气污染物浓度变化特征及潜在源分析
——以乌鲁木齐为例

刘子龙[1]， 代 斌[1]， 崔卓彦[1]， 刘永高[1]， 徐 柱[2]， 郑新军[3]

（1. 新疆生产建设兵团化工绿色过程重点实验室，石河子大学化工学院，新疆 石河子 832003；
2. 新疆天池管理委员会博格达生态环境监测站，新疆 阜康 831500；3. 中国科学院新疆生态与地理研究所阜康荒漠生态站 新疆 乌鲁木齐 830011）

chinaXiv:202104.00099v1

摘 要：对2017年乌鲁木齐市的气象参数及大气污染物的浓度进行了统计分析，探究了大气污染物的浓度变化特征，运用轨迹聚类分析、潜在源贡献函数（PSCF）和浓度权重轨迹法（CWT）研究了乌鲁木齐市$PM_{2.5}$的传输路径和潜在源区。结果表明：乌鲁木齐市大气超标污染物主要为$PM_{2.5}$和PM_{10}，除O_3外各污染物的浓度均是采暖期高于非采暖期，温度低、风速小、相对湿度大、乌鲁木齐市三面环山、逆温天气是造成采暖期颗粒物污染严重的重要原因；$PM_{2.5}$区域传输主要来自西北方向，在采暖期受来自尼勒克县、沙湾县、呼图壁县、阜康市的短距离传输气团影响很大；$PM_{2.5}$潜在源区主要集中于阜康市、和静县、沙湾县、昌吉市、沙湾县、吉木萨尔县、玛纳斯县，乌鲁木齐市$PM_{2.5}$浓度同时受外来污染物输入和本地污染源排放的影响。

关键词：大气污染物；浓度特征；后向轨迹；传输路径；潜在源区

近年来随着经济发展、工业化和城市化进程的加快，加之化石燃料消耗量的增加与机动车保有量的增加，导致了严重的大气污染[1-2]，造成大气能见度降低，影响农业生产和公共安全[3]，对人体健康也带来了极大的危害[4]，我国大气污染已经由煤烟型污染转变为复合大气污染[5]。

区域大气污染物的浓度水平与当地污染源的排放、气象条件、地形等因素有关外，跨区域的污染物扩散传输也起着至关重要的作用[6-7]。大气污染物区域间的扩散、传输特征可以通过后向轨迹模型（HYSPLIT）[8]、潜在源贡献因子分析（PSCF）[9]和浓度权重轨迹（CWT）[7]来进行探究。很多学者，已对部分地区污染物的输送扩散和潜在源识别进行了系统研究。任浦慧等[10]运用后向轨迹模型，对2017—2018年太原市逐日48 h气流后向轨迹进行聚类分析，研究表明，春、秋和冬季大气传输路径主要以西和西北方向近距离、慢移速的轨迹为主，夏季以南和东方向轨迹为主；张浩杰等[11]利用后向轨迹模型研究表明，2017年唐山市采暖期$PM_{2.5}$污染受经北京市、天津市与唐山市西部地区方向气团影响的频率分别为61%，63%；Liao等[12]运用PSCF和CWT分析方法发现，四川盆地东南部和西部是成都冬季$PM_{2.5}$主要潜在源区；Gao等[13]利用后向轨迹模型研究表明，北京重污染期间较高的颗粒物浓度是由一次污染物的累积、二次污染物的生成和北京周围地区排放的污染物的长距离传输共同作用的结果。

对乌鲁木齐的大气环境污染问题报道多见于污染状况与评价、时空分布特征、来源解析等[14-16]，而对污染物的传输特征及影响研究相对较少，鉴于此，笔者对乌鲁木齐市2017年六项大气污染物及相关的气象参数进行了统计分析，探究了大气污染物的浓度变化特征，运用后向轨迹模型，结合潜在源区贡献函数和浓度权重轨迹方法，探讨了污染物的传输路径与特征，估算了潜在源区的影响，以期为进一步了解乌鲁木齐大气污染状况，制定合理高效

收稿日期：2020-05-20； **修订日期：**2020-07-16
基金项目：八师石河子市中青年科技创新领军人才计划项目(2020RC05)；兵团财政科技计划青年项目(2021CB040)；国家科技支撑计划项目(2014BAC16B04)资助
作者简介：刘子龙(1979-)，男，讲师，研究方向为环境化学与环境影响评价. E-mail: liuzilong1999@163.com
通讯作者：代斌. E-mail: db_tea@shzu.edu.cn

ChinaXiv合作期刊

的污染控制措施提供科学依据和支撑，对乌鲁木齐市大气污染联防联控起到参考意义。

1　研究区与研究方法

1.1　研究区概况

乌鲁木齐市地处新疆中部的天山北麓，准噶尔盆地南缘，东、南、西三面环山，还处在天山峡谷北端的开口处，峡谷南端连接着吐鲁番盆地，故称为"峡口城市"[17]。乌鲁木齐市属中温带大陆干旱气候区，年平均降水量≤200 mm，年平均气温为-15.2~25.7 ℃。由于特殊的地理位置，乌鲁木齐市夏季酷热，冬季寒冷且持续时间长，采暖期长，全年盛行北风和西北风，年平均风速较小(2.2 $m\cdot s^{-1}$)，冬季常出现逆温，大气层结稳定[18-19]。乌鲁木齐市特殊的地形和气象条件很不利于污染物的扩散，且能源结构在2012年之前以燃煤为主，特别是冬季采暖期长，常会导致严重的大气污染。2000年，中国46个城市环境综合整治考核，乌鲁木齐排列倒数第一；2002年，乌鲁木齐空气质量连续6 d处于五级重度污染，在全国74个环保城市中排名倒数第一；2011年，在全球1083个城市的空气质量排名中，乌鲁木齐为1053名[20]，国家环境保护部及生态环境部发布的74个城市空气质量排名显示，2015—2017年乌鲁木齐市排在61或62名[21-22]。"十一五"时期乌鲁木齐市实行污染源管控，2012年以来持续实施"煤改气"工程，逐步采用天然气为主的能源结构措施，在全国74个重点监控城市排名中明显提升，成为全国环境空气质量改善最为明显的城市之一[21]。

1.2　数据来源

乌鲁木齐市2017年1—12月$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2、CO、O_3的质量浓度数据来自新疆维吾尔自治区环境监测总站(87.572176°E，43.870369°N)，该监测点为国家一级环境监测站，属于城市评价点，可以反映乌鲁木齐市城区的空气质量整体情况。温度、湿度、风速和能见度的日均值来自新疆气象局网站(172.23.163.249/ RadatDoc/WeatherService.aspx)。后向轨迹模型分析用的气象资料来源于美国国家环境预报中心(NCEP)提供的GDAS资料。

1.3　研究方法

以乌鲁木齐市新疆维吾尔自治区环境监测总站为起始点，运用HYSPLIT后向轨迹模型、聚类分析、潜在源贡献分析法(WPSCF)、浓度权重轨迹分析法(WCWT)探讨乌鲁木齐市大气污染物的来源和传输路径。模拟起始高度为500 m，模拟时间为48 h，网格大小为0.2°×0.2°，WPSCF中的标准值是《环境空气质量标准》(GB3095-2012)的二级日均浓度限值。研究的时间段划分为：1月、2月、3月、11月、12月为采暖期，5月、6月、7月、8月、9月为非采暖期，4月、10月为采暖期与非采暖期的过渡期。

2　结果与讨论

2.1　气象因素分析

图1显示了乌鲁木齐市2017年气象参数变化。采暖期、过渡期4月、非采暖期、过渡期10月的日平均气温分别为：(-5.6±1.0)℃、(12.2±1.7)℃、(21.0±1.0)℃、(8.1±1.5)℃，平均相对湿度分别为：(80.2±1.8)%、(55.3±6.4)%、(38.3±2.3)%、(50.7±6.4)%，平均风速分别为：(0.9±0.1) $m\cdot s^{-1}$、(1.9±0.2) $m\cdot s^{-1}$、(1.5±0.1) $m\cdot s^{-1}$、(1.4±0.2) $m\cdot s^{-1}$，能见度分别为：(3.0±0.3) km、(8.0±0.6) km、(9.2±0.2) km、(6.5±0.5) km。

由图1可知，较低的能见度对应着较低的温度、较低的风速与较高的湿度，斯皮尔曼相关性分析也表明，能见度与湿度呈现出显著的负相关性(r=-0.828，P<0.01)，与风速呈现正相关性(r=0.353，P<0.01)，与气温呈现显著的正相关性(r=0.890，P<0.01)。由图1还可看出，采暖期相对湿度大，风速低，气温低，能见度低，这一时期易出现逆温天气[18-19]。

2.2　大气污染物质量浓度变化特征

图2为乌鲁木齐市2017年$PM_{2.5}$，PM_{10}，SO_2，NO_2，CO和O_3浓度的月变化情况。全年的SO_2、CO和O_3日均浓度均低于二级标准的限定值，有30.1%的天数超过了$PM_{2.5}$的二级日均标准限值(75 $\mu g\cdot m^{-3}$)，15.5%的天数超过了PM_{10}的二级日均标准限值(150 $\mu g\cdot m^{-3}$)，4.1%的天数超过了NO_2的二级日均标准限值(80 $\mu g\cdot m^{-3}$)，故2017年乌鲁木齐市大气超标污染物主要为$PM_{2.5}$和PM_{10}。$PM_{2.5}$、PM_{10}、SO_2、NO_2及CO的月均浓度变化趋势大致相似，均呈"U"形分布，采暖期浓度明显高于非采暖期，且平均浓度在月内波动较大；而O_3月均浓度变化趋势与其他污染物相反，呈现倒"U"形分布，非采暖期浓度明显高于采暖期。

chinaXiv:202104.00099v1

ChinaXiv合作期刊

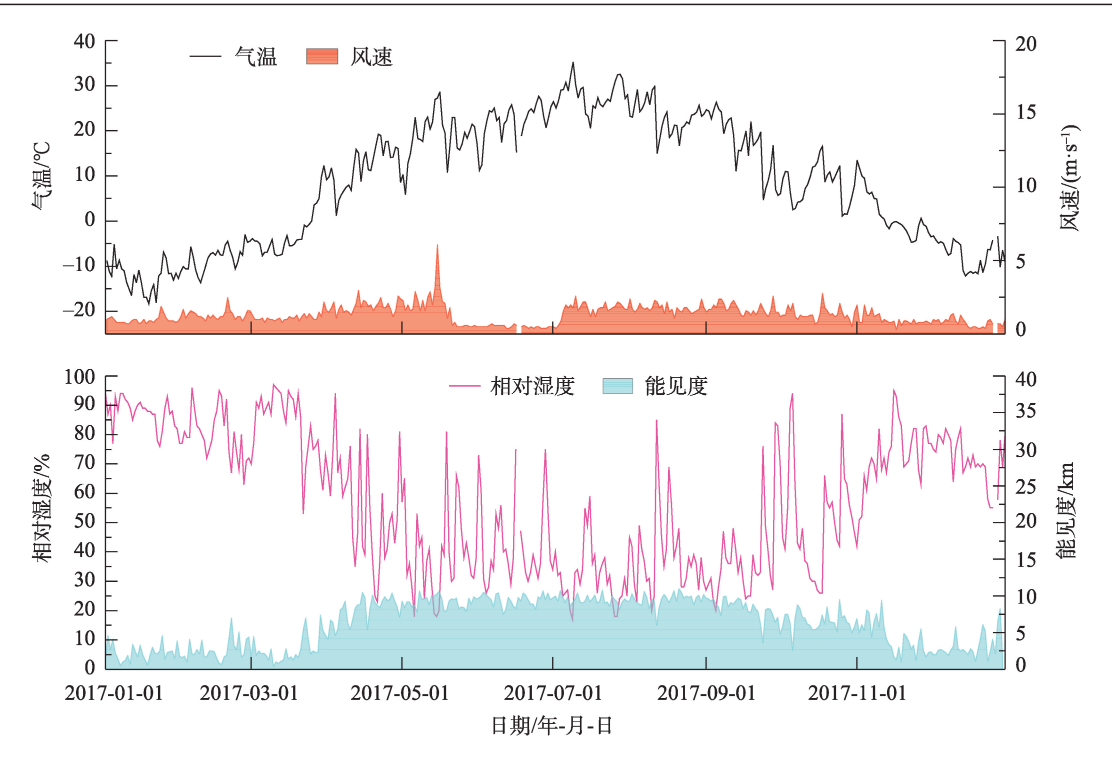


图1 乌鲁木齐市气象参数的日变化

Fig. 1 Daily variation of meteorological parameter in Urumqi

2012年乌鲁木齐市逐步实施以天然气代替原煤为燃料的供暖能源结构调整战略，故SO_2污染较轻。NO_2的浓度因“煤改气”战略的实施呈现较明显的降低趋势，但仍然出现部分超标现象，这与近年来乌鲁木齐市机动车保有量的逐年增加有密切关系，截止2017年末乌鲁木齐市各种机动车保有量为1.10×10^6辆，私人轿车保有量8.53×10^5辆[23]。加之氮氧化物治理启动相对滞后，流动源排放的NO_2污染逐渐凸显[24-25]，李坷等[26-27]研究认为，乌鲁木齐市机动车产生的NO_2已经超过了燃煤，呈现出尾气污染和燃煤污染并存的复合型污染特征。

在采暖期，$PM_{2.5}$日均浓度为$(111.9\pm9.8)\mu g\cdot m^{-3}$，是二级日均浓度限值$(75\ \mu g\cdot m^{-3})$的1.492倍，$PM_{10}$日均浓度为$(133.6\pm10.8)\mu g\cdot m^{-3}$，$PM_{2.5}$、$PM_{10}$的超标天数占总超标天数的98.2%、87.5%，且容易出现持续颗粒物污染过程，故采暖期是污染集中发生时段。采暖期PM_{10}、$PM_{2.5}$严重超标除了与乌鲁木齐市内有多个水泥厂、热电厂和钢铁厂有密切关系外[17]，还与采暖期间气象因素有关。由上述气象条件分析可知，采暖期温度低、风速小，加之特殊地形容易出现逆温天气，大气层结稳定度较高，平流及对流运动非常弱，很不利于污染物的稀释扩散与输送，造成颗粒物的累积，加之，在相对湿度大的情况下，较多水蒸气的存在有利于半挥发性组分进入气溶胶相，并导致二次组分的生成和颗粒物的吸湿增长[28]，也会减弱污染物的扩散行为，故污染较为严重，气溶胶与颗粒物浓度高了，污染物的消光作用越强，大气的能见度越低，易出现雾霾天气。

O_3由光化学反应生成，太阳辐射强，气温升高，且颗粒物浓度低，消光作用弱，利于O_3的生成[28]，故非采暖期日均浓度高于采暖期。

2.3 $PM_{2.5}$的传输路径分析

运用HYSPLIT模型、结合聚类分析可得，到达乌鲁木齐市的气团主要来源于4个方向，即4个轨迹簇（A、B、C、D）（图3），各轨迹簇出现的频次及在全年不同时期的频次分布见图4。轨迹簇A代表偏西方向短距离传输气团，主要出现在采暖期与非采暖期，过渡期也有出现，途径尼勒克县、沙湾县、呼图壁县，这些区域空气的$PM_{2.5}$传输至乌鲁木齐市，传输距离短，气团移动速度慢，污染物不易扩散，故其对应的$PM_{2.5}$平均质量浓度较高$(73.93\ \mu g\cdot m^{-3})$。轨迹簇B代表西北方向长距离传输气团，非采暖期、过渡期、采暖期均有出现，相差不大，途径乌苏市、博乐市、昌吉市、精河县、温泉县、沙湾县、呼图壁县，该轨迹簇尽管占总轨迹数的比例最小（11.64%），传输距离长，但其对应的$PM_{2.5}$平均质量

chinaXiv:202104.00099v1

ChinaXiv合作期刊

图2 2017年乌鲁木齐市$PM_{2.5}$, PM_{10}, SO_2, NO_2, CO和O_3的浓度月变化

Fig. 2 Month variation of $PM_{2.5}$, PM_{10}, SO_2, NO_2, CO and O_3 in Urumqi during 2017

chinaXiv:202104.00099v1

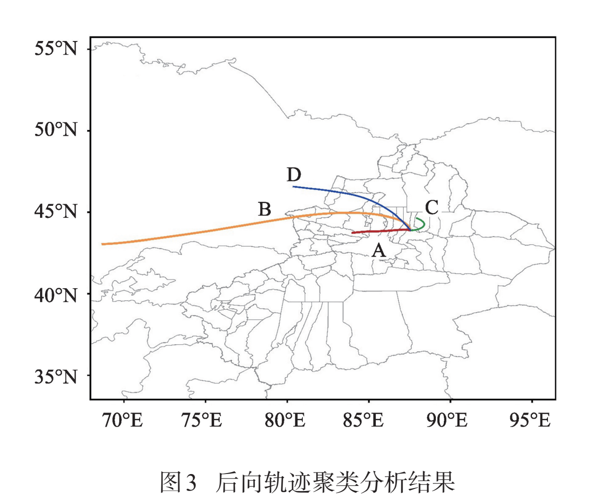


图3 后向轨迹聚类分析结果

Fig. 3 Cluster analysis results of backword trajectories

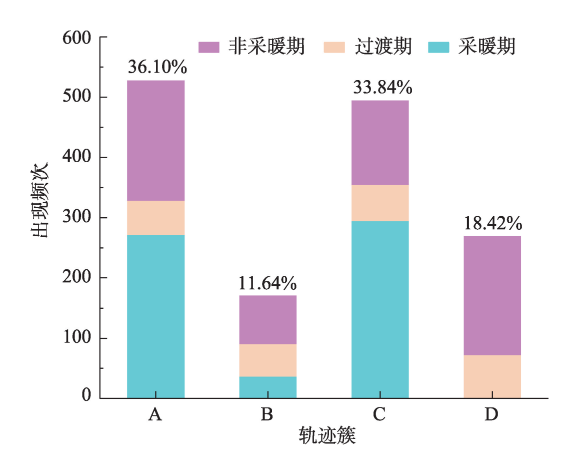


图4 轨迹簇出现频次分布

Fig. 4 Clusters' occurrence frequency distribution

ChinaXiv合作期刊

浓度不低(50.13 μg·m^{-3}),对乌鲁木齐市的空气污染影响不能忽视。轨迹簇C在图中分布于东北方向,呈迂回弯曲路径,代表的是无固定优势方向短距离传输气团,主要出现在采暖期,且占比例较大,由于采暖期风速较小,常有静风逆温天气,该轨迹簇移动速度慢、不易扩散、传输距离短,故其对应的$PM_{2.5}$平均质量浓度最高(75.22 μg·m^{-3}),将阜康市空气的$PM_{2.5}$传输至乌鲁木齐市,对乌鲁木齐市的空气污染影响最大。轨迹簇D代表西北方向长距离传输气团,主要出现在非采暖期,采暖期出现频次为0,途径呼图壁县、克拉玛依市、托里县、裕民县、昌吉市,该轨迹簇移动速度快、易扩散、传输距离长,故其对应的$PM_{2.5}$平均质量浓度最低(29.34 μg·m^{-3}),对乌鲁木齐市的空气污染影响最小。

采暖期乌鲁木齐市$PM_{2.5}$污染受区域传输的影响以轨迹簇A、C为主导,即来自周边尼勒克县、沙湾县、呼图壁县、阜康市的短距离传输气团,在采暖期间污染轨迹占比为70.65%,污染轨迹$PM_{2.5}$的平均浓度为(136.94±55.24)μg·m^{-3};非采暖期以轨迹簇A、C、D为主导,来自偏西方向、西北方向与附近气团传输,无污染轨迹;过渡期4个轨迹簇均有出现,相差不大,污染轨迹占比为3.36%,污染轨迹$PM_{2.5}$的平均浓度为(89.00±1.07)μg·m^{-3}。总之,乌鲁木齐市空气中$PM_{2.5}$区域传输主要来自西北方向,这与乌鲁木齐市东、南、西三面环山的地形有密切关系,全年盛行西北风,短距离传输的轨迹数占总轨迹的69.94%,采暖期短距离传输的轨迹占比为38.84%,因此,乌鲁木齐市采暖期$PM_{2.5}$污染受区域短距离传输影响很大。

2.4 $PM_{2.5}$的潜在源区分析

经潜在源贡献分析法与浓度权重轨迹方法计算,乌鲁木齐市2017年采暖期$PM_{2.5}$的潜在污染源分布与潜在源区域对$PM_{2.5}$浓度贡献的大小见图5,WPSCF与WCWT值越大说明这些区域对乌鲁木齐市大气$PM_{2.5}$浓度影响与贡献越大。

由图5a可以看出,WPSCF高值区域主要集中在阜康市、和静县、昌吉市、吐鲁番市周边、新源县东部区域,WPSCF均在0.6以上;沙湾县、阜康市西部区域、吉木萨尔县、托克逊县、玛纳斯县周边的WPSCF值在0.4~0.6之间。由图5b可以看出,与WPSCF结果类似,WCWT高值主要集中在和静县、沙湾县、阜康市,其WCWT值均大于90 μg·m^{-3},WCWT值在60~90 μg·m^{-3}的地区有玛纳斯县、呼图壁县、昌吉市、米泉市、吉木萨尔县,表明这些区域存在强的污染排放源,对乌鲁木齐市$PM_{2.5}$浓度有较大贡献,且这些区域与高$PM_{2.5}$平均浓度的轨迹簇A和C方向基本一致;WCWT值在30~60 μg·m^{-3}的地区有吐鲁番市、托克逊县、新源县、克拉玛依市,这些区域

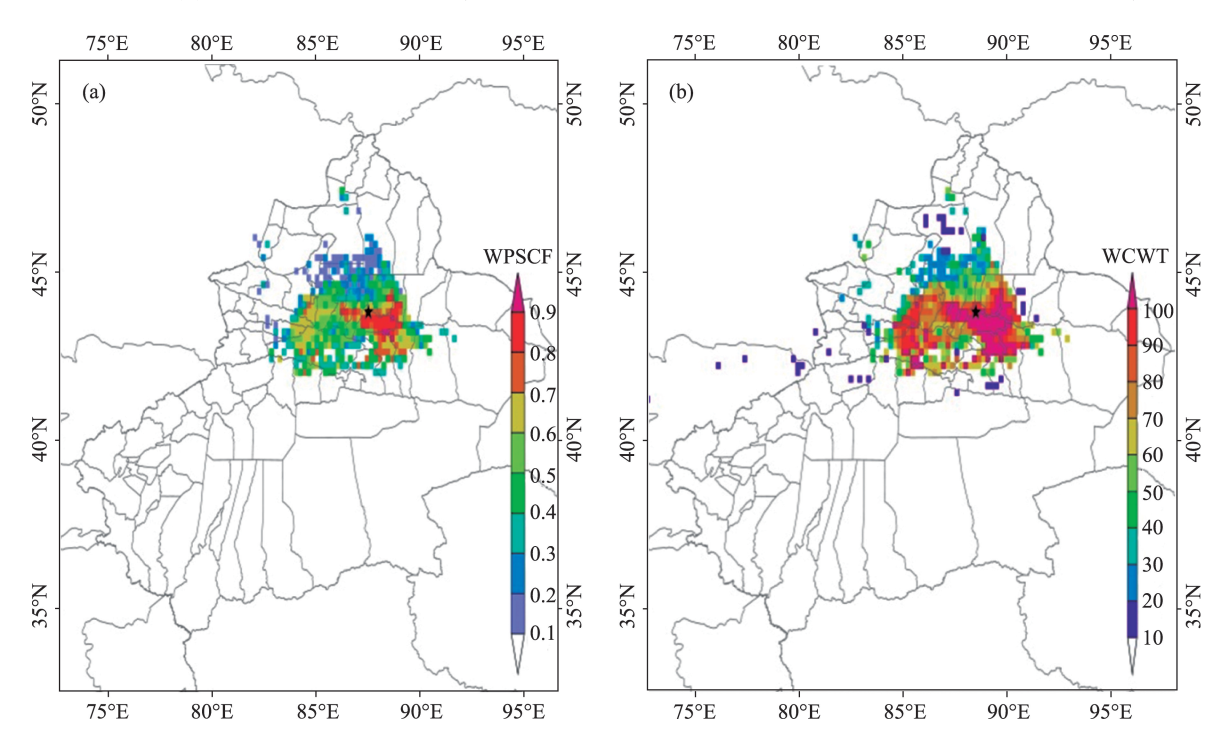


图5 2017年乌鲁木齐市采暖期$PM_{2.5}$污染潜在源区分析(WPSCF和WCWT)

Fig. 5 Potential pollution regions analysis of $PM_{2.5}$ in Urumqi during 2017 heating period (WPSCF and WCWT)

chinaXiv:202104.00099v1

ChinaXiv合作期刊

对乌鲁木齐市大气$PM_{2.5}$浓度贡献相对较小。此外，乌鲁木齐市最邻近的区域WCWT值也较高（大于90 $\mu g \cdot m^{-3}$），表明乌鲁木齐市本地$PM_{2.5}$排放量也较大，故乌鲁木齐市同时需加强控制外来污染物输入和本地污染源排放的决策研究。

3 结 论

（1）2017年乌鲁木齐市大气污染物的浓度除O_3外均是采暖期高于非采暖期，超标污染物主要为$PM_{2.5}$和PM_{10}，采暖期的$PM_{2.5}$、PM_{10}日均浓度值超标天数分别占总超标天数的98.2%，87.5%，采暖期长，且采暖期温度低、风速小，相对湿度大，加之特殊地形容易出现逆温天气，易出现持续颗粒物污染过程，是污染严重集中发生时段。

（2）乌鲁木齐市$PM_{2.5}$区域传输主要来自西北方向，短距离传输为主导（占比为69.94%），在采暖期受来自周边尼勒克县、沙湾县、呼图壁县、阜康市的短距离传输气团影响很大。

（3）WPSCF与WCWT分析结果类似，较高值主要集中在阜康市、和静县、沙湾县、昌吉市、沙湾县、吉木萨尔县和玛纳斯县，乌鲁木齐市$PM_{2.5}$浓度同时受外来污染物输入和本地污染源排放的影响。

参考文献（References）：

[1] 李令军, 王占山, 张大伟, 等. 2013—2014年北京大气重污染特征研究[J]. 中国环境科学, 2016, 36(1): 27-35. [Li Lingjun, Wang Zhanshan, Zhang Dawei, et al. Analysis of heavy air pollution episodes in Beijing during 2013-2014 [J]. China Environmental Science, 2016, 36(1): 27-35.]

[2] Song C B, Wu L, Xie Y C, et al. Air pollution in China: Status and spatiotemporal variations[J]. Environmental Pollution, 2017, 227: 334-347.

[3] Luan T, Guo X L, Guo L J, et al. Quantifying the relationship between $PM_{2.5}$ concentration, visibility and planetary boundary layer height for long-lasting haze and fog-haze mixed events in Beijing [J]. Atmospheric Chemistry and Physics, 2018, 18(1): 203-225.

[4] Tie X X, Wu D, Brasseur G. Lung cancer mortality and exposure to atmospheric aerosol particles in Guang Zhou, China[J]. Atmospheric Environment, 2009, 43: 2375-2377.

[5] 陈健鹏, 李佐军. 中国大气污染治理形势与存在问题及若干政策建议[J]. 发展研究, 2013(10): 4-14. [Chen Jianpeng, Li Zuojun. The situation and problems of air pollution control and some policy suggestions in China[J]. Development Research, 2013(10): 4-14.]

[6] 邱坚, 霍玉玲, 万学平, 等. 镇江市四季$PM_{2.5}$污染特征与潜在源区分析[J]. 环境工程, 2019, 37(6): 123-130. [Qiu Jian, Huo Yuling, Wan Xueping, et al. Analysis on seasonal diffrences of pollution characteristics and potential sources of $PM_{2.5}$ of Zhenjiang[J]. Environmental Engineering, 2019, 37(6): 123-130.]

[7] 闫世明, 王雁, 郭伟, 等. 太原市秋冬季大气污染特征和输送路径及潜在源区分析[J]. 环境科学, 2019, 40(11): 4801-4809. [Yan Shiming, Wang Yan, Guo Wei, et al. Characteristics, transportation, pathways, and potential sources of air pollution during autumn and winter in Taiyuan[J]. Environmental Science, 2019, 40(11): 4801-4809.]

[8] 陈乃华, 胡宝叶, 杨玉香, 等. 基于后向轨迹的平潭大气污染输送来源研究[J]. 环境污染与防治, 2019, 41(8): 938-945. [Chen Naihua, Hu Baoye, Yang Yuxiang, et al. Study on the source transportation of air pollution in Pingtan based on backward trajectory [J]. Environmental Pollution And Control, 2019, 41(8): 938-945.]

[9] 郭蒙蒙, 姜楠, 王申博, 等. 郑州市2014—2017年大气污染特征及气象条件影响分析[J]. 环境科学, 2019, 40(9): 3856-3867. [Guo Mengmeng, Jiang Nan, Wang Shengbo, et al. Analysis of air pollution characteristics and meteorological conditions in Zhengzhou from 2014 to 2017[J]. Environmental Science, 2019, 40(9): 3856-3867.]

[10] 任浦慧, 解静芳, 姜洪进, 等. 太原市大气$PM_{2.5}$季节传输路径和潜在源分析[J]. 中国环境科学, 2019, 39(8): 3144-3151. [Ren Puhui, Xie Jingfang, Jiang Hongjin, et al. Transport pathways and potential sources of $PM_{2.5}$ in different seasons in Taiyuan city[J]. China Environmental Science, 2019, 39(8): 3144-3151.]

[11] 张浩杰, 高健, 孙孝敏, 等. 唐山市2017年采暖期不同污染等级$PM_{2.5}$化学组分特征对比与来源分析[J]. 环境科学研究, 2019, 32(5): 776-786. [Zhang Haojie, Gao Jian, Sun Xiaomin, et al. Comparison and analysis of $PM_{2.5}$ chemical composition characteristics and source of different grade pollution in Tangshan City during 2017 heating period[J]. Research of Environmental Sciences, 2019, 32(5): 776-786.]

[12] Liao T T, Wang S, Ai J, et al. Heavy pollution episodes, transport pathways and potential sources of $PM_{2.5}$ during the winter of 2013 in Chengdu (China) [J]. Science of the Total Environment, 2017, 584-585: 1056-1065.

[13] Gao J J, Tian H Z, Cheng K, et al. The variation of chemical characteristics of $PM_{2.5}$ and PM_{10} and formation causes during two haze pollution events in urban Beijing, China[J]. Atmospheric Environment, 2015, 107: 1-8.

[14] 邓文叶, 贾尔恒·阿哈提, 杨静, 等. 乌鲁木齐PM_{10}和$PM_{2.5}$的形貌特征与来源解析[J]. 环境工程, 2017, 35(8): 96-101. [Deng Wenye, Jiaerheng Ahati, Yang Jing, et al. Morphology characteristics and source analysis of PM_{10} and $PM_{2.5}$ in Urumqi [J]. Environmental Engineering, 2017, 35(8): 96-101.]

[15] 魏明娜, 谢海燕, 邓文叶, 等. 乌鲁木齐市采暖期与非采暖期大气中$PM_{2.5}$和PM_{10}水溶性离子特征分析[J]. 安全与环境学报, 2017, 17(5): 1986-1991. [Wei Mingna, Xie Haiyan, Deng Wenye,

chinaXiv:202104.00099v1

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:202104.00099v1

et al. Water-soluble ions pollution characteristics of the atmospheric particles ($PM_{2.5}$ and PM_{10}) in Urumqi during the heating and non-heating periods [J]. Journal of Safety and Environment, 2017, 17 (5): 1986-1991.]

[16] 王敬, 毕晓辉, 冯银厂, 等. 乌鲁木齐市重污染期间$PM_{2.5}$污染特征与来源解析[J]. 环境科学研究, 2014, 27(2): 113-119. [Wang Jing, Bi Xiaohui, Feng Yinchang, et al. Pollution characteristics and source apportionment of $PM_{2.5}$ during heavy pollution process in Urumqi City [J]. Research of Environmental Sciences, 2014, 27 (2): 113-119.]

[17] 赵克明, 李霞, 卢新玉, 等. 峡口城市乌鲁木齐冬季大气污染的时空分布特征[J]. 干旱区地理, 2014, 37(6): 1108-1118. [Zhao Keming, Li Xia, Lu Xinyu, et al. Wintertime temporal-spatial distribution characteristics of air pollutants in mountain gap town Urumqi[J]. Arid Land Geography, 2014, 37(6): 1108-1118.]

[18] Li Xia, Xia Xiangao, Xin Yu, et al. An investigation of boundary layer structure under the influence of the gap wind in Urumqi, China, during air pollution episode in winter[J]. Air & Waste Management Association, 2012, 62(1): 26-37.

[19] 赵克明, 李霞, 杨静. 乌鲁木齐最大混合层厚度变化的环境响应[J]. 干旱区研究, 2011, 28(3): 509-513. [Zhao Keming, Li Xia, Yang Jing, et al. Envirenmental response to variation of the atmospheric maximum mixing depth in Urumqi[J]. Arid Zone Research, 2011, 28(3): 509-513.]

[20] The urban air pollution database, by country and city (corrected version)[EB/OL]. http: //www. who. int/ph e/health_topics/outdoorair/databases/en/index. html.

[21] 中华人民共和国环境保护部. 2015—2016 中国环境状况公报[EB/OL]. http: //www.mee.gov.cn/hjzl/zghjzkgb/lnzghjzkgb/. [Ministry of Environmental Protection of the People's Republic of China. 2015-2016 Report on the State of the Environment in China [EB/OL]. http: //www.mee.gov.cn/hjzl/zghjzkgb/lnzghjzkgb/.]

[22] 中华人民共和国生态环境部. 2017 中国生态环境公报[EB/OL]. http://www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/qt/201805/W020180531606576563901. pdf. [Ministry of Ecological and Environmental Protection of the People's Republic of China. 2017 Report on the State of the Ecological Environment in China[EB/OL]. http: //www.mee.gov.cn/gkml/sthjbgw/qt/201805/W020180531606576563901.pdf.]

[23] 乌鲁木齐市统计局. 2017年乌鲁木齐市国民经济和社会发展统计公报. http: //www.urumqi.gov.cn/fjbm/tjj/tjgb/390398.htm?gs_ws=weixin_636613979156802965. [Urum qi Municipal Bureau of Statistics. Statistical Bulletin of the National Economic and Social Development of Urumqi in 2017.]http: //www.urumqi.gov.cn/fjbm/tjj/tjgb/390398.htm?gs_ws=weixin_636613979156802965.]

[24] 李军, 吕爱华, 李建刚, 等. "十一五"时期乌鲁木齐市大气污染特征及影响因素分析[J]. 中国环境监测, 2014(2): 14-20. [Li Jun, Lyu Aihua, Li Jiangang, et al. The analysis of variation characteristics of air pollution and influential factors during the "Eleventh Five-Year Plan" in Urumqi City[J]. Environmental Monitoring in China, 2014(2): 14-20.]

[25] 赵朋莉, 魏疆, 孙红叶, 等. 乌鲁木齐市大气污染物浓度与GDP耗煤量之间关系探讨[J]. 干旱环境监测, 2011, 25(1): 9-12, 17. [Zhao Pengli, Wei Jiang, Sun Hongye, et al. Discussion on the relationship between air pollutant concentration with GDP and Coal Consumption [J]. Arid Environmental Monitoring, 2011, 25(1): 9-12, 17.]

[26] 李珂, 王燕军, 王涛, 等. 乌鲁木齐市机动车排放清单研究[J]. 环境科学研究, 2010, 23(4): 407-412. [Li Ke, Wang Yanjun, Wang Tao, et al. Vehicle pollution emission inventory research In Urumqi City [J]. Research of Environmental Sciences, 2010, 23 (4): 407-412.]

[27] 魏疆, 陈学刚, 任泉, 等. 乌鲁木齐市能源结构调整对冬季大气污染物浓度的影响[J]. 干旱区研究, 2015, 32(1): 155-160. [Wei Jiang, Chen Xuegang, Ren Quan, et al. Effects of energy restructuring on air pollutant concentrations in winter in Urumqi [J]. Arid Zone Research, 2015, 32(1): 155-160.]

[28] Chameides W L, Walker J C G. A time-dependent photochemical model for ozone near the ground[J]. Journal of Geophysical Research, 1976, 81(3): 413-420.

ChinaXiv合作期刊

Concentration characteristics and potential source of atmospheric pollutants: A case study in Urumqi

LIU Zilong[1], DAI Bin[1], CUI Zhuoyan[1], LIU Yonggao[1], XU Zhu[2], ZHENG Xinjun[3]

(1. Key Laboratory for Green Processing of Chemical Engineering of Xinjiang Production and Construction Corps/ School of Chemistry and Chemical Engineering, Shihezi University, Shihezi 832003, Xinjiang, China; 2. Mount Bogda Station of Eco-environment, Xinjiang Tianchi Management Committee, Fukang 831500, Xinjiang, China; 3. Fukang Station of Desert Ecology, Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, Xinjiang, China)

Abstract: Meteorological parameters and pollutant concentrations in Urumqi, China, in 2017 were used to study the concentration characteristics of atmospheric pollutants and the influence of meteorological factors on pollutants. Trajectory cluster analysis, potential source contribution function analysis, and the concentration weighted trajectory method were used to assess the transport pathways and potential sources of $PM_{2.5}$. The findings revealed that the most serious pollution was from PM_{10} and $PM_{2.5}$. During periods of heating, the concentrations of atmospheric pollutants, apart from O_3, were higher than those during periods where there was no heating. The heavy pollution of atmospheric particles ($PM_{2.5}$ and PM_{10}) during heating periods was ascribed primarily to low temperature, low wind speed, high relative humidity, special topographies, and temperature inversion. $PM_{2.5}$ in Urumqi was transported mostly from the northwest, the short distance pathways of Nileke Town, Shawan Town, Hutubi Town, and Fukang City had greater influence on Urumqi during heating period. The main potential sources of $PM_{2.5}$ were determined as being Fukang City, Hejing Town, Shawan Town, Changji City, Shawan Town, Jimusaer Town, and Manasi Town. External transport and native sources of pollution also had a great impact on the level of $PM_{2.5}$ in Urumqi.

Keywords: atmospheric pollutants; concentration characteristics; backward trajectory; transport pathway; potential source

chinaXiv:202104.00099v1